



RAPPORT TECHNIQUE

**ANALYSE COMPARATIVE DE L'AGRICULTURE
DE PRÉCISION INCLUANT L'UTILISATION
DE LA TECHNOLOGIE DRONE ET DE
L'AGRICULTURE CLASSIQUE EN MATIÈRE
DE PRODUCTION DE RIZ ET DE REVENU DES
AGRICULTEURS AU BURKINA FASO**



À PROPOS DU CTA

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) est une institution internationale conjointe des États du Groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et de l'Union européenne (UE). Il intervient dans le cadre des Accords de Cotonou et est financé par l'UE.

Pour plus d'information sur le CTA, visitez : www.cta.int

Auteurs : POUYA Mathias Bouinzemwendé, DIEBRE Regis, RAMBALDI Giacomo, ZOMBOUDRY Georges, BARRY Fanta, SEDOGO Michel et LOMPO François

Relecture : Carole Salas, Italie

Conception : Hero (Afrique du Sud)

Mise en page : Flame Design (Afrique du Sud)

CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Ce travail a été réalisé avec l'aide financière de l'Union européenne. Toutefois, il reste sous la seule responsabilité de son (ses) auteur(s) et ne reflète jamais les opinions ou les déclarations du CTA ou de ses co-éditeurs ou de l'Union européenne ni l'opinion d'un pays ou d'un État membre. L'utilisateur devrait faire sa propre évaluation quant à la pertinence de toute déclaration, argumentation, technique expérimentale ou méthode décrite dans ce travail.

DROITS D'AUTEUR

Ce travail est la propriété intellectuelle exclusive du CTA et de ses co-éditeurs, et ne peut pas être commercialement exploité. Le CTA encourage sa diffusion à des fins d'étude privée, de recherche, d'enseignement ou autres fins non commerciales, à condition que la reconnaissance appropriée soit faite :

– du droit d'auteur du CTA et du financement de l'Union Européenne en incluant le nom de l'auteur, le titre du travail et l'avis suivant « © CTA 2020 sur financement de l'Union Européenne »,

– et que les opinions et déclarations exprimées sont de la seule responsabilité des auteurs, et aucunement celles du CTA ou de ses co-éditeurs, ni de l'Union Européenne, en insérant la clause « disclaimer » standard du CTA.

© Photo de couverture : Espace Geomatique SARL



ANALYSE COMPARATIVE DE L'AGRICULTURE DE PRÉCISION INCLUANT L'UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE DRONE ET DE L'AGRICULTURE CLASSIQUE EN MATIÈRE DE PRODUCTION DE RIZ ET DE REVENU DES AGRICULTEURS AU BURKINA FASO

POUYA Mathias Bouinzemwendé¹

DIEBRE Regis²

RAMBALDI Giacomo³

ZOMBOUDRY Georges¹

BARRY Fanta¹

SEDOGO Michel¹

LOMPO François¹

1. Institut de l'Environnement et Recherches Agricoles (INERA)

2. Espace Géomatique SARL

3. Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA)



Table des matières

Résumé	vi
Introduction	1
1. Matériel et méthodes	2
1.1 Zone de l'étude	2
1.2 Matériel	4
1.3 Choix des parcelles expérimentales.....	4
1.4 La fertilisation	6
1.5 Collecte des données.....	6
1.5.1 Profilage des agriculteurs et collecte des données socio-économiques.....	6
1.5.2 Collecte des données agronomiques.....	6
1.5.3 Collecte des données par les opérateurs UAS pour l'analyse coûts-avantages.....	7
1.6 Collecte des données par les opérateurs UAS pour l'analyse coûts-avantages	11
1.6.1 Analyse des données agronomiques	11
1.6.2 Analyse coûts et bénéfices	11
2. Résultats	12
2.1 Caractéristiques socio-économiques des agriculteurs	12
2.2 Activités menées par les agriculteurs.....	13
2.3 Contraintes liées à la production rizicole.....	13
2.4 Type de main d'œuvre utilisée dans le domaine de la production rizicole.....	14
2.5 Évaluation de la technicité des agriculteurs	14
2.5.1 Opérations de préparation et d'entretien des champs.....	14
2.5.2 Systèmes de culture adoptés par les agriculteurs	15
2.6 Évaluation des paramètres agronomiques.....	16
2.6.1 Évaluation des paramètres agronomiques des producteurs ayant bénéficié des appui-conseils d'une agriculture de précision (Korsimoro) et de ceux pratiquant l'agriculture classique (Mogtédo).....	16
2.6.2 Évaluation de la hauteur des plants et de la biomasse par le biais de mesures métriques et de l'utilisation du drone.....	17
2.6.3 Prédiction du devenir de la production par le biais de la couverture par drone	18
2.7 Analyse coûts-avantages.....	19
2.7.1 Perception paysanne de la technologie des drones.....	19
2.7.2 Coût à consentir par les agriculteurs pour la couverture et l'appui-conseil par drones	20
2.7.3 Analyse coût sur bénéfice de l'utilisation d'une agriculture de précision comparée à l'agriculture conventionnelle	20
3. Discussion	22
3.1 Caractéristiques socio-économiques des agriculteurs	22
3.2 Prédiction du devenir de la production par le biais de la couverture par drone : Évaluation des paramètres agronomiques des producteurs ayant bénéficié d'appui-conseils d'une agriculture de précision et de ceux pratiquant l'agriculture classique.....	23
3.3 Adoption de la technologie des drones.....	23
3.4 Analyse coût sur bénéfice de l'utilisation d'une agriculture de précision comparée à l'agriculture conventionnelle.....	24
4. Conclusion	25
Références bibliographiques	26

Liste des figures

- Figure 1** Sites de l'étude
- Figure 2** Localisation des parcelles rizicoles échantillons témoins du site de Mogtédò, phase de préparation de la rizièrè
- Figure 3** Localisation des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, phase de préparation de la rizièrè
- Figure 4** Démonstration d'une couverture drone aux producteurs de Korsimoro au Burkina Faso
- Figure 5** Parcelles de riz du site de Korsimoro, Burkina Faso
- Figure 6** Opérations de mise en boue et de repiquage des parcelles de riz sur le site de Korsimoro
- Figure 7** Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 21 août 2019 (phase végétative)
- Figure 8** Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 03 septembre 2019 (initiation paniculaire)
- Figure 9** Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 14 septembre 2019 (initiation paniculaire)
- Figure 10** Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 22 octobre 2019 (phase de floraison)
- Figure 11** Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 09 novembre 2019 (phases maturité du riz (parcelles exondées) ou floraison (parcelles auparavant inondées))
- Figure 12** Activités menées par les agriculteurs
- Figure 13** Contraintes liées à la production rizicole
- Figure 14** Type de main d'œuvre utilisée
- Figure 15** Mode de préparation de la rizièrè
- Figure 16** Type d'opération de préparation ou d'entretien de la rizièrè
- Figure 17** Systèmes de culture adoptés par les producteurs
- Figure 18** Effet de l'utilisation de l'agriculture de précision et de l'agriculture conventionnelle sur les hauteurs de plants de riz
- Figure 19** Effet de l'agriculture de précision et de l'agriculture classique sur le tallage du riz
- Figure 20** Rendements issus de l'agriculture de précision et de l'agriculture classique
- Figure 21** Imagerie NDVI et production de riz
- Figure 22** Perception paysanne de la technologie des drones
- Figure 23** Coût à consentir par les producteurs pour l'utilisation des drones

Liste des tableaux

- Tableau 1** Caractéristiques socio-économiques des producteurs des sites de Korsimoro et de Mogtédò
- Tableau 2** Évaluation de la hauteur des plants de riz grâce à l'utilisation du drone et par le biais de mesures métriques
- Tableau 3** Rentabilité de l'agriculture classique et de l'agriculture de précision

Résumé

Les drones, également désignés comme « véhicules aériens sans pilote » (UAV) ou « systèmes aériens sans pilote » (UAS) – cette dernière dénomination incluant le capteur, les logiciels et d'autres composantes –, offrent de nombreuses applications : cartographie et arpentage, régime foncier et aménagement du territoire, inspection, suivi et surveillance, livraison de marchandises, recherche scientifique, gestion des actifs agricoles, assurances, évaluation des dommages causés aux cultures/infrastructures. Cette recherche a été initiée dans le but de déterminer si les petits exploitants de riz, agissant sur la base de données et conseils générés par des drones équipés de capteurs multispectraux, pouvaient voir s'accroître leur revenu net (rendement plus élevé) et/ou réduire leurs coûts (moins d'intrants), ce dans les plaines rizicoles de Korsimoro et de Mogtédó, au Burkina Faso. Pour ce faire, des enquêtes socio-économiques, des couvertures par drone ainsi qu'une évaluation des paramètres agronomiques ont été réalisées. À noter que le site de Korsimoro a servi de site d'expérimentation et celui de Mogtédó, de site témoin. Il ressort des enquêtes socio-économiques trois (03) types de riziculteurs : le type R1, à savoir les nantis disposant d'assez de facteurs de production ; le type R2, correspondant aux riziculteurs moins riches que les premiers, et le type R3, c'est-à-dire les individus démunis et disposant de faibles moyens de production. Ces derniers étant, dans la plupart des cas, des agro-éleveurs, en d'autres termes, ceux pratiquant à la fois l'agriculture et l'élevage. La culture de riz constitue l'activité principale. Il s'est également avéré que la technologie des UAS a impacté les composantes de rendement du riz des producteurs ayant bénéficié de l'appui de l'agriculture de précision, comparativement à ceux pratiquant l'agriculture classique. Les paramètres agronomiques tels que les hauteurs de plants, le nombre de thalles sont plus impactés avec l'agriculture de précision. C'est en matière de rendement en riz paddy que l'agriculture de précision a enregistré la production la plus élevée, quelle que soit la saison culturale. L'utilisation des drones a également permis d'assurer le suivi des cultures et joué le rôle de système d'alerte précoce pour prévenir les anomalies lors des différentes phases de développement de la culture. Les perceptions paysannes sont positives en ce qui concerne cette nouvelle technologie. Les agriculteurs burkinabè y voient en effet une opportunité considérable en termes de : dépistage/surveillance des cultures, évaluation du volume et de la vigueur des cultures, inventaire des cultures (ou comptage des plants individuels), production de cartes de prescription (comme des recommandations relatives au dosage d'engrais azoté pour des emplacements spécifiques), évaluation des dommages causés par les ennemis des cultures. Et, de fait, au regard de la complexité de la technologie, ils consentent de payer 5 000 FCFA par individu et par couverture pour le suivi de leur exploitation agricole. L'analyse coût-bénéfice des deux (02) types d'agriculture donne un avantage à l'agriculture de précision par rapport à l'agriculture classique, avec une marge bénéficiaire nette de plus de 200 000 FCFA/ha. De plus, la différence de retour sur investissement est de 31,42 % entre l'agriculture de précision et celle classique. De nos jours, la technologie des drones se développe de façon exponentielle en Occident et l'agriculture se trouve être l'un des principaux secteurs économiques dans lesquels elle est employée. L'Afrique ne doit pas être à la traîne. Les États membres de l'Union Africaine devraient donc, via un processus consultatif, élaborer et adopter des cadres réglementaires nationaux relatifs aux UAV, qui garantissent la sécurité, encouragent l'innovation et ne freinent pas l'émergence de fournisseurs de services agricoles basés sur les UAS ni ne découragent les investissements du secteur privé dans ce domaine.



Introduction

La technologie des drones pourrait aider les agriculteurs du monde entier pour surveiller la croissance de leurs cultures, lutter contre les nuisibles, améliorer leur régime foncier, et bien plus encore (Zarco-Tejada, 2014 ; Mbonyinshuti, 2016). Il convient pour cela d'instaurer des dispositifs de régulation afin de préserver la vie privée et la sécurité des citoyens (Rambaldi et Guerin, 2017). Mais que peuvent apporter les drones à un agriculteur ? Ils leur permettent tout d'abord d'avoir une vue d'ensemble de leurs cultures et d'en observer ainsi les subtiles modifications non directement identifiées sur le terrain (Robert, 2002 ; Hogan *et al.*, 2017). Les drones équipés de capteurs spécifiques peuvent collecter à bas prix des images multispectrales de l'Indice de végétation par différence normalisé (*Normalized Difference Vegetation Index* ou NDVI) et des images infrarouge (IR). Ces données aériennes peuvent également être utilisées dans le but d'accélérer le processus laborieux de l'inventaire des cultures et de l'estimation du rendement (Hogan *et al.*, 2017). En 2017, reconnaissant les opportunités offertes par les drones et les outils d'aide à la décision, le CTA s'est associé à des opérateurs privés de premier plan et a apporté son aide à des start-ups au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun, en République Démocratique du Congo, au Ghana, en Jamaïque, au Nigéria, au Rwanda, en Tanzanie, en Ouganda et en Zambie. Le CTA leur a permis d'acquérir le matériel et de se former à la mise en œuvre de services de drones. Des entreprises dirigées par des jeunes techniquement compétents ont dès lors diversifié la gamme de leurs services digitaux et sont en passe de conclure des accords contractuels avec des agro-entreprises, des associations d'agriculteurs, des agences de développement, des instituts de recherche et des entreprises d'intrants agricoles. En 2018-2019, le CTA a intensifié ses activités, ce afin de faire croître le nombre de pays couverts ainsi que le nombre d'opérateurs de drones agricoles à travers l'Afrique, et pour évaluer, via la recherche scientifique sur site, les coûts et bénéfices de cette technologie. Ces activités sont listées dans le programme *Eyes in the sky, smart techs on the ground*.

Il s'agit à présent de s'interroger sur l'opportunité de l'utilisation des données et conseils générés par des drones équipés de capteurs multispectraux en matière d'augmentation de la production du riz et de revenu net des petits exploitants de riz localisés dans deux zones distinctes, à savoir la plaine rizicole de Korsimoro, d'une part, et celle de Mogtédo, d'autre part. Trois questions de recherche ont ainsi été formulées : (i) De quelle manière faire s'accroître la production rizicole des petits exploitants en utilisant les services offerts par des drones ? (ii) Quels sont les facteurs influençant l'utilisation des conseils/services générés par les drones ? (iii) Quel est le prix optimal (et la zone à couvrir) que les fournisseurs de services UAS peuvent facturer à leurs clients (agriculteurs, coopératives/associations) pour leur service afin de rester viables ? Ainsi, cette recherche vise à déterminer si les petits exploitants de riz agissant sur la base de données et conseils générés par des drones équipés de capteurs multispectraux peuvent voir s'accroître leur revenu net (rendement plus élevé) et/ou réduire leurs coûts (moins d'intrants) dans les plaines rizicoles de Korsimoro et de Mogtédo, au Burkina Faso.

1. Matériel et méthodes

1.1 Zone de l'étude

Le domaine de l'étude (Figure 1) est constitué de deux (02) zones distinctes, à savoir la plaine rizicole de Korsimoro, d'une part, et celle de Mogtédou, d'autre part. Korsimoro est une plaine rizicole située à 75 km de Ouaga, sur l'axe Ouaga-Dori au Nord, tandis que Mogtédou se trouve à 70 km de Ouaga, sur l'axe Ouaga-Fada, à l'Est. Les deux sites sont éloignés d'au moins 100 km l'un de l'autre, et dans des directions totalement différentes. Le site de Korsimoro est utilisé pour les expérimentations de suivi drone et le site de Mogtédou, comme témoin.

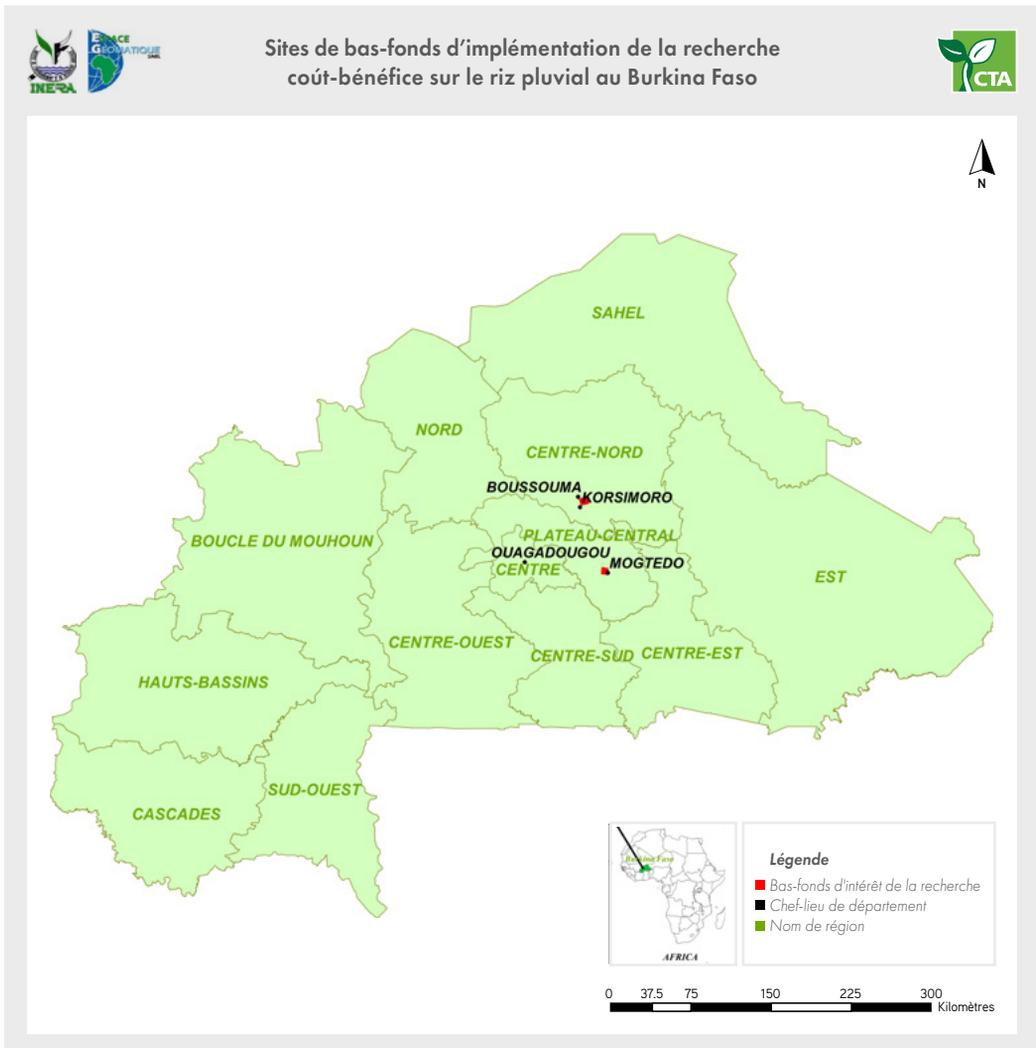


Figure 1 : Sites de l'étude

Source : Données de la BNDT de l'IGB, décembre 2018

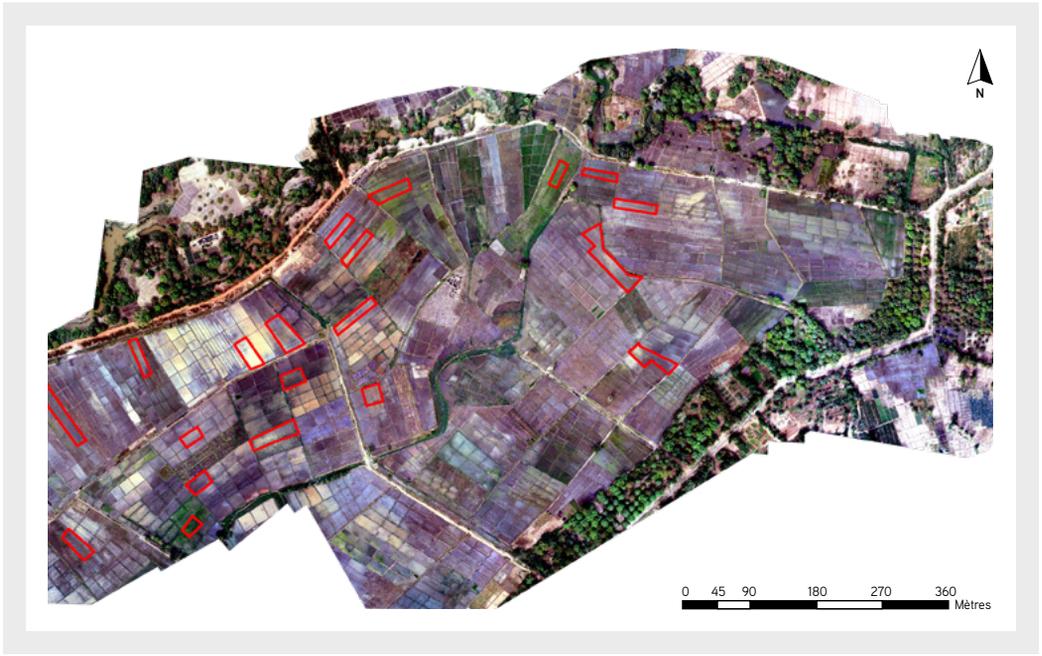


Figure 2 : Localisation des parcelles rizicoles échantillons témoins du site de Mogtédou, phase de préparation de la rizière

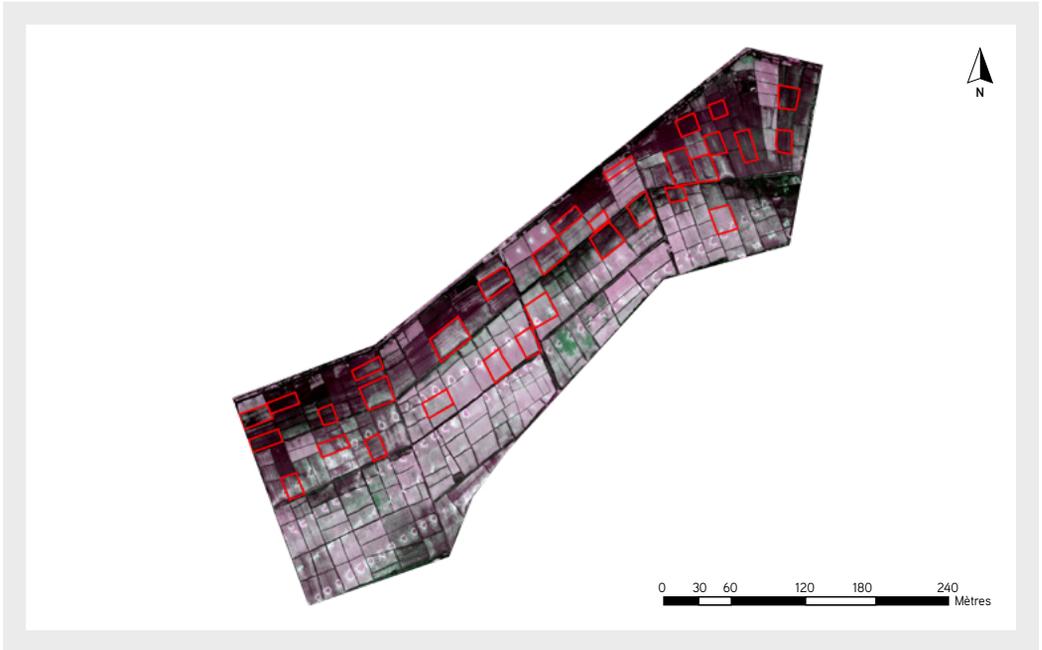


Figure 3 : Localisation des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, phase de préparation de la rizière

1.2 Matériel

Le matériel concerné se compose de matériel végétal et d'un drone. Le matériel végétal comprend la variété de riz FKR19 cultivée sur les deux (02) sites de l'étude. Les drones utilisés dans cette étude sont les modèles Parrot Disco Pro Ag (Figure 4), Parrot Bluegrass et DJI Phantom.



Figure 4 : Démonstration d'une couverture drone aux producteurs de Korsimoro au Burkina Faso

1.3 Choix des parcelles expérimentales

Le choix des sites de l'étude a respecté plusieurs critères :

- les parcelles pour chaque site sont contiguës : le fait que les parcelles pour chaque site soient contiguës vise à ce que les couvertures par drone soient les plus aisées possibles, d'un seul tenant, et que les indices générés soient facilement interprétables et répliquables aux cultures concernées ;
- une même variété de riz a été cultivée sur chacun des sites : ceci dans l'optique de pouvoir procéder à des comparaisons entre sites, sachant que l'on ne peut comparer que deux choses semblables ;
- pour chaque site d'expérimentation ou témoin, les objectifs de production rizicole ont été les mêmes. En effet, certains objectifs de production peuvent être à but semencier ou autre, si bien que les techniques et protocoles de production peuvent ne pas être identiques. Or, cette recherche est menée en restant orientée vers la production rizicole de rente ;
- le site sur lequel s'effectuent les démonstrations (Korsimoro, Figure 5) a une superficie minimale de 30 ha et le site témoin a une taille moyenne de 20 ha, dans l'hypothèse que chaque producteur dispose d'au moins 0,25 ha ;

- chaque site se trouve loin de l'autre de manière à ce qu'il n'y ait aucune communication entre les producteurs de chaque lot : cet éloignement vise par conséquent à s'assurer que les producteurs respectifs ne puissent communiquer de quelque manière. Une éventuelle communication entraînerait à coup sûr un transfert d'informations et de conseils des producteurs d'expérimentation vers ceux du site témoin. Ceci serait exacerbé par la nouveauté technologique que représente le drone. Les producteurs du site témoin copieraient donc sur les autres et notifieraient les conseils donnés à ceux du site d'expérience. Cet échange d'informations biaiserait et pourrait même presque conduire à l'annulation des analyses comparatives subséquentes.



Figure 5 : Parcelles de riz du site de Korsimoro, Burkina Faso

1.4 La fertilisation

Quantité totale d'engrais apportée tout au long du cycle dans les parcelles :

- Lors de la première fertilisation, c'est-à-dire 15 jours environ après repiquage : 150 Kg/ha (pour les zones à NDVI très faible, les proportions étant calculées ensuite par classe de NDVI) de NPK (soit 23 % de N ; 14 % de P ; 23 % de K) donc (34,5 Kg d'azote + 21 Kg de phosphore + 34,5 Kg de potassium)/ha.
- Lors de la deuxième fertilisation intervenant à environ 4 jours, soit à la floraison : 100 Kg/ha d'urée (soit 46 % de N) donc (46 Kg d'azote)/ha.
- Par la suite, une troisième fertilisation a été suggérée aux seuls producteurs des zones auparavant inondées, qui étaient en retard de repiquage par rapport à celles des zones exondées. À cette période, les parcelles des zones exondées étaient déjà à maturité, tandis que celles des zones au début inondées étaient toujours en floraison. Ce conseil de fertilisation a été suggéré en vue de booster ces dernières parcelles. Il va sans dire que cela a induit l'usage d'une quantité supplémentaire de fertilisants, à raison de 50 Kg/ha d'urée (soit 46 % de N) donc (23 Kg d'azote)/ha maximum.

En résumé, en termes d'unité fertilisante on a 80,5 Kg ; 21 Kg de phosphore et 34,5 Kg de potassium pour les parcelles des zones exondées et 103,5 Kg d'azote ; 21 Kg de phosphore et 34,5 Kg de potassium pour les parcelles au départ inondées.

1.5 Collecte des données

1.5.1 Profilage des agriculteurs et collecte des données socio-économiques

Cette étude a été réalisée en partenariat avec des membres sélectionnés de deux groupements de producteurs de riz, basés dans les communes de Korsimoro et de Mogtédo. Des informations détaillées ont été recueillies auprès des producteurs afin de pouvoir les caractériser. Ces données ont été collectées via un questionnaire et des observations participatives sur les deux (02) sites. Le questionnaire a été conçu sur COBO COLLECT, une plateforme administrée via des appareils mobiles. Il a été élaboré dans le but de profiler les agriculteurs participant à la recherche comme « traitement » ou « contrôle » et de recueillir par parcelle sélectionnée (i) des données de base, (ii) des mises à jour hebdomadaires en termes de quantités et de coûts réels des intrants (main-d'œuvre familiale et salariée, produits agrochimiques, services mécanisés, etc.), et enfin (iii) les rendements (rendement des cultures, prix de vente, etc.). De fait, 60 producteurs ont été identifiés au démarrage des activités du projet de recherche sur la base d'un questionnaire, lequel a pris en compte aussi bien que possible les préoccupations de l'étude et les questions de recherche.

1.5.2 Collecte des données agronomiques

Les données ont été collectées aussi bien sur les parcelles expérimentales que sur celles témoin, et ce auprès de deux (02) types de producteurs :

- ceux agissant suivant des conseils basés sur des données générées par l'UAS ;
- ceux non bénéficiaires de tels conseils et ayant géré leurs cultures sur la base de sources d'information conventionnelles (qualifié de groupe de « contrôle »).

Ces deux (02) types de producteurs ont été suivis sur la base de l'itinéraire technique de la production du riz : après repiquage (reprise) (Figure 6) ; au stade du tallage (nombre de thalles) ; au moment de l'initiation paniculaire (IP) ; au niveau de la floraison ; au stade pâteux (4-5 jours après IP) ; durant la phase de maturation et de production (pesée des productions).

À ces données agronomiques ont été couplées des évaluations des coûts/investissements des différentes opérations culturales, ce afin d'évaluer les avantages obtenus pour les agriculteurs ayant pris des mesures sur la base des données interprétées par les drones et ceux ayant utilisé des informations conventionnelles.



Figure 6 : Opérations de mise en boue et de repiquage des parcelles de riz sur le site de Korsimoro

1.5.3 Collecte des données par les opérateurs UAS pour l'analyse coûts-avantages

La collecte des données par les opérateurs UAS a été effectuée suivant les six (06) stades critiques du développement du riz définis plus haut. À chaque stade, un vol du drone a été effectué afin de couvrir complètement les phases transitoires des stades de développement du riz. À cet effet, l'opérateur drone issu d'Espace Géomatique a utilisé un drone Parrot Disco Pro Ag embarquant un capteur multispectral Sequoia et parfois un drone MAVIC 2 Pro embarquant un capteur RGB orienté au nadir. Les plans de vols ont été réalisés avec l'application Pix4D Capture. Tous les vols du drone ont été effectués à 100 mètres d'altitude. Les chevauchements latéral et longitudinal ont été respectivement de 70 % et 80 % pour assurer une bonne qualité des données.

Les images capturées ont été traitées localement à Korsimoro en utilisant PhotoScan Agisoft Professional pour générer les cartes de stress individualisées basées sur NDVI suivies par un chercheur agronome se rendant sur le terrain et discutant avec l'agriculteur. Trois indices de végétation ont été calculés, à savoir le NDVI, le NDRE et le GNDVI.

Le logiciel Pix4D Field a été utilisé pour le traitement des images multispectrales ou RGB de drone. Les cartes d'indices obtenues sont montrées aux producteurs sur place, puis des impressions par parcelle individuelle sont faites pour chaque producteur en vue de l'aider à comprendre le diagnostic actuel de sa parcelle et donc d'appliquer les conseils de fertilisation qui sied. Il faut signaler que c'est surtout le NDVI qui a été utilisé à cet effet, les autres indices étant utilisés en appoint.

Les opérations de diagraphie, d'échantillonnage de matériel végétal et de survol par drone ont été effectuées de manière synchrone. Afin de pouvoir acquérir des données de réflectance pour les plantes collectées, le vol a été effectué avant la collecte des plantes. Ensuite, pour connaître la position exacte de chaque échantillon, le fichier polygonal des limites de parcelles des producteurs est affiché sur les cartes élaborées.

Cadre 1 : Signification des images, des stades phénologiques lors des prises d'images et conseils (+ actions) aux producteurs

Signification des couleurs NDVI :

- Les couleurs vont du vert au rouge : Le vert décrit les classes NDVI pour lesquelles les cultures dans les polygones des parcelles sont en bon état végétatif
- Les couleurs tendant vers le rouge ou le jaune décrivent les classes NDVI pour lesquelles les cultures dans les polygones des parcelles sont en mauvais état végétatif

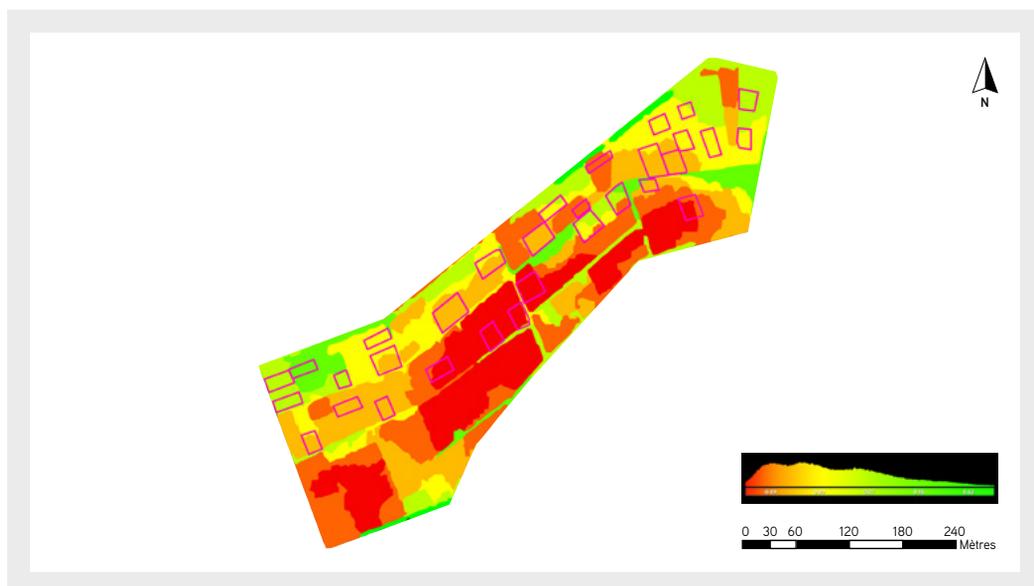


Figure 7 : Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 21 août 2019 (phase végétative)

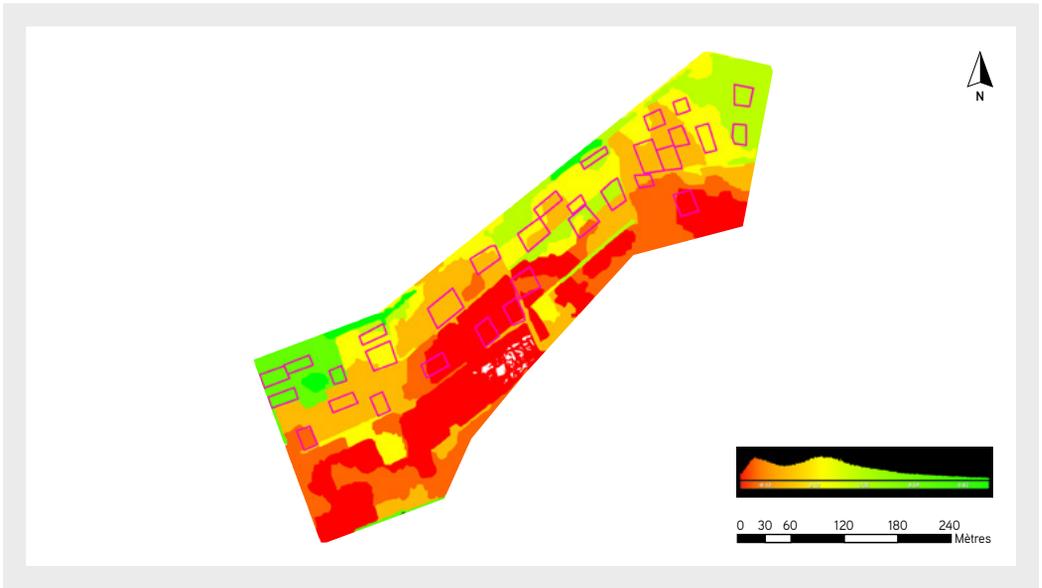


Figure 8 : Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 03 septembre 2019 (initiation paniculaire)

Action = Conseils de première fertilisation aux producteurs, puis fertilisation en tenant compte des cartes NDVI, pour les parcelles des zones exondées

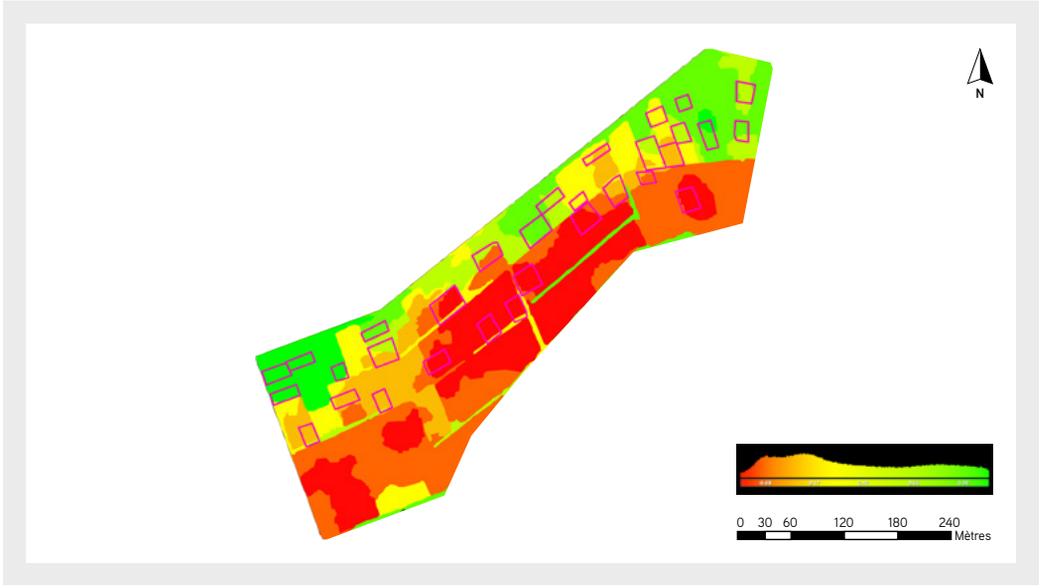


Figure 9 : Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 14 septembre 2019 (initiation paniculaire)

Action = Conseils de première fertilisation aux producteurs, puis fertilisation en tenant compte des cartes NDVI, pour les parcelles des zones auparavant inondées

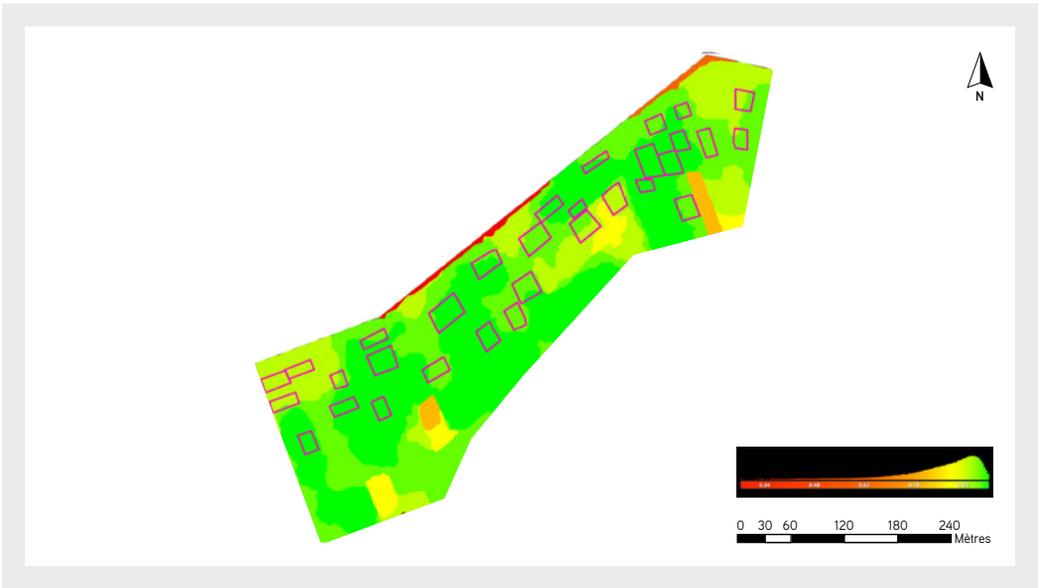


Figure 10 : Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 22 octobre 2019 (phase de floraison)

Action = Conseils de deuxième fertilisation aux producteurs, puis fertilisation en tenant compte des cartes NDVI, pour les parcelles des zones exondées ou auparavant inondées

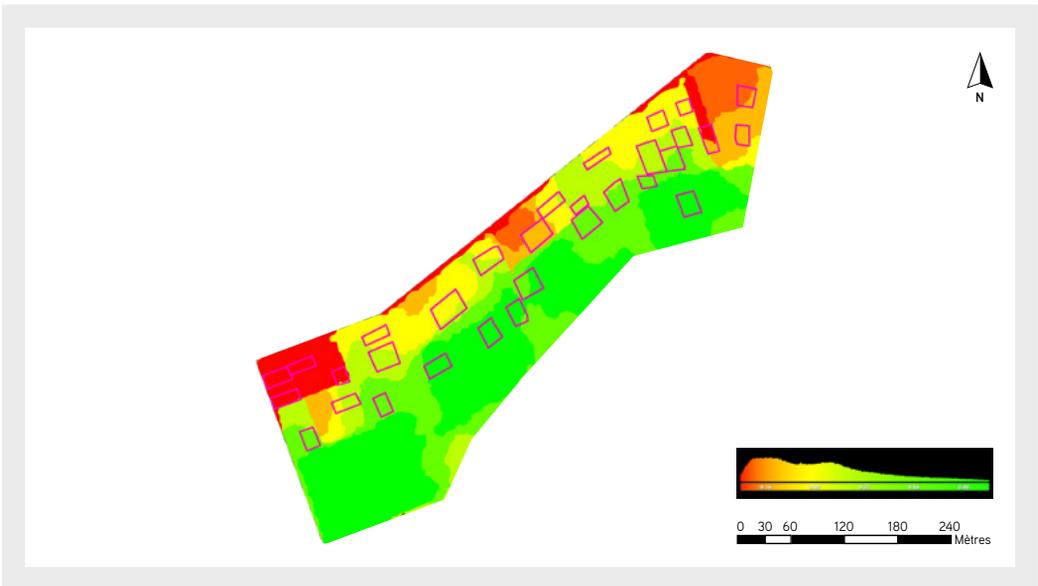


Figure 11 : Zonation de l'indice NDVI des parcelles rizicoles échantillons d'expérimentation du site de Korsimoro, au 09 novembre 2019 (phases maturité du riz (parcelles exondées) ou floraison (parcelles auparavant inondées))

Action = Conseils de troisième fertilisation aux producteurs, puis fertilisation en tenant compte des cartes NDVI, pour les parcelles des zones auparavant inondées

1.6 Analyses des données collectées

1.6.1 Analyse des données agronomiques

Les données agronomiques collectées ont été soumises à une analyse de variance (Anova) et au calcul de moyenne à l'aide du logiciel GENSTAT, 9^{ème} édition.

La philosophie des modèles biophysiques dans le contexte de l'agriculture de précision est de collecter des données sur une parcelle (le terrain) et d'y associer une mesure de réflectance. L'ensemble des données ainsi obtenu a permis l'alignement de modèles empiriques, couplés à des connaissances théoriques disponibles dans la littérature. Un premier traitement des données (création des orthomosaïques des micro-parcelles surveillées) a été réalisé par la chaîne de traitement, sous la supervision de l'agronome. Il est à noter que ces modèles ont été calibrés et adaptés aux indicateurs biophysiques pertinents propres au contexte burkinabè.

1.6.2 Analyse des coûts et bénéfices

Pour les données de l'enquête, le logiciel COBO a contribué au calcul des moyennes ainsi qu'à la détermination de la rentabilité des deux (02) types de traitement, grâce au calcul du RVC (ratio valeur sur coût). Ainsi, l'analyse coûts-avantages a permis d'estimer et de comparer les coûts et avantages résultant, pour les agriculteurs, de services consultatifs basés sur les données générées par UAS dans le cadre de la production du riz. Le groupe de contrôle des agriculteurs ne bénéficiant pas de tels conseils s'est basé sur des sources de conseils conventionnelles, le cas échéant. Ainsi, ces données d'enquêtes ont permis de :

- déterminer la volonté individuelle des agriculteurs ou des coopératives de fermiers de payer pour les services consultatifs de l'UAS, et ;
- analyser la volonté moyenne de payer pour la technologie.

2. Résultats

2.1 Caractéristiques socio-économiques des agriculteurs

Tableau 1 : Caractéristiques socio-économiques des producteurs des sites de Korsimoro et de Mogtédó

Facteurs	Korsimoro			Mogtédó		
	Producteur			Producteur		
	type R1	type R2	type R3	type R1	type R2	type R3
<i>Caractéristiques générales de l'exploitation</i>						
Durée de mise en culture des champs (année)	10	8	3	10	6	4
Superficie moyenne de l'exploitation rizicole (ha)	1,75	1,025	0,5	1,025	0,75	0,5
Nombre d'actifs	12	8	4	11	6	4
<i>Biens vivants de l'exploitation</i>						
Gros ruminants	15	6	1	17	5	1
Animaux de trait + transport (bœufs + ânes)	7	4	2	8	2	1
Nombre moyen d'animaux/exploitation	22	10	3	25	7	2
<i>Nombre d'équipements agricoles de l'exploitation</i>						
Outils aratoires pour la préparation des parcelles	7	6	3	7	5	3
Nombre moyen d'outils aratoires/exploitation	7	6	3	7	6	3
Semoirs	1	0	0	0	1	0
Charrettes	2	1	0	2	1	0
Appareils phytosanitaires	3	1	1	3	1	1
Nombre moyen d'outils aratoires/exploitation	6	2	1	5	3	1
Revenu annuel de l'exploitation (FCFA)/ha	3246250	1532375	437500	1388875	637500	212500

Le Tableau 1 présente les caractéristiques socio-économiques des riziculteurs du Burkina Faso. Trois (03) catégories de riziculteurs se détachent, suivant la séparation des moyennes : les riziculteurs de types R1, R2 et R3. Les riziculteurs de type R1 sont les plus nantis, suivis des riziculteurs R2, lesquels disposent de moyens de production relativement importants. Les riziculteurs de type R3 sont démunis et disposent de faibles moyens de production. Les superficies emblavées par les riziculteurs de type R1 sont trois fois plus grandes que ceux de type R3. De même, quel que soit le site, la taille du troupeau croît en fonction du type de riziculteur. Le troupeau de l'exploitation est considéré dans cette étude en effectif de gros ruminants et d'animaux de trait et de transport.

En termes d'équipements agricoles, les exploitations de type R1 disposent du plus grand nombre d'outils aratoires, toutes catégories confondues. Enfin, le revenu annuel de l'exploitation croît avec la catégorie de l'exploitant. Les revenus annuels des exploitants de type R1 sont de 1 388 875 FCFA à Mogtédó et de 3 246 250 FCFA à Korsimoro. Au sein des exploitations de type R2, les revenus sont de 637 500 FCFA et 1 532 375 FCFA, respectivement en zones Centre et Ouest.

Concernant l'ancienneté des producteurs, les résultats montrent que ces derniers pratiquent cette activité depuis plus de 5 ans. Plus de 33 % présentent une ancienneté de plus de 10 ans.

2.2 Activités menées par les agriculteurs

Ainsi, pour ces agriculteurs (soit 80 %), la production du riz constitue la principale activité (Figure 12). En marge de la culture du riz, d'autres cultures sont pratiquées, telles que le maïs, le sorgho et le niébé. Celles-ci sont essentiellement destinées à la consommation familiale. Le riz est destiné à plus de 90 % à la commercialisation, les 10 % restants étant destinés à l'autoconsommation. Les agriculteurs évoluant pour la plupart au sein d'une organisation paysanne, la commercialisation du riz se fait principalement par le biais de la vente groupée.

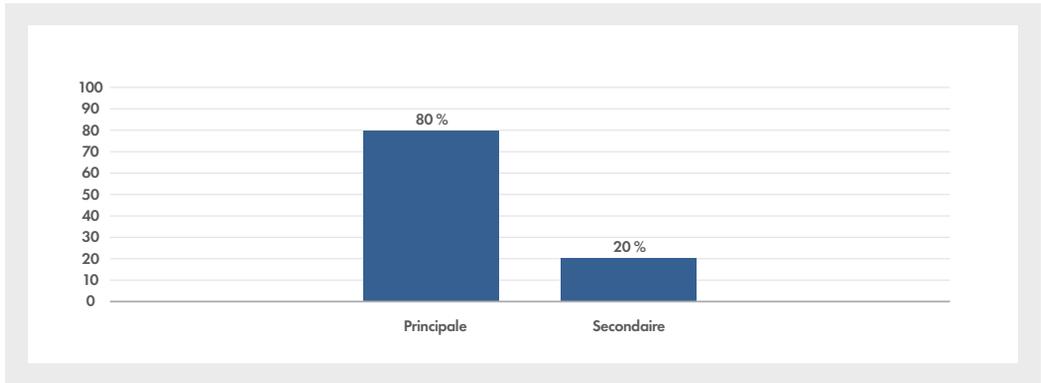


Figure 12 : Activités menées par les agriculteurs

2.3 Contraintes liées à la production rizicole

L'analyse des résultats d'enquêtes a également montré que la production rizicole à Korsimoro et à Mogtédo rencontre un certain nombre de contraintes. La Figure 13 présente les difficultés énumérées par les agriculteurs des deux (02) sites. Le coût élevé des engrais (34,4 %) ainsi que leur qualité (20,3 %) ont été relevés comme principales contraintes. De plus, les résultats ont montré que la gestion de l'eau et sa disponibilité constituent des contraintes majeures en termes de production (33 %). Le manque de débouchés en ce qui concerne l'écoulement des productions de riz constitue une contrainte importante (11,7 %).

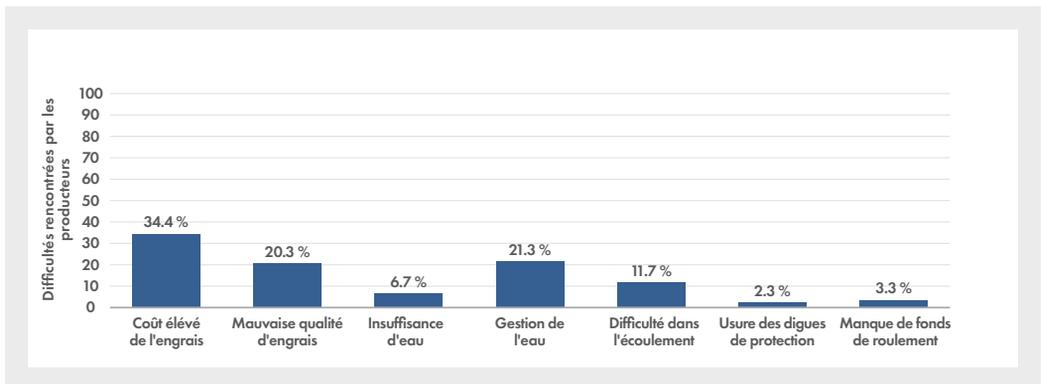


Figure 13 : Contraintes liées à la production rizicole

2.4 Type de main d'œuvre utilisée dans le domaine de la production rizicole

La culture du riz est très exigeante en termes de main d'œuvre. Deux goulots d'étranglement sont à noter : la période de repiquage et celle relative à la récolte. La main d'œuvre utilisée est soit familiale (60 %), soit salariée, à savoir environ 30 % (Figure 14). Le reste (10 %) correspondant à une solidarité entre producteurs.

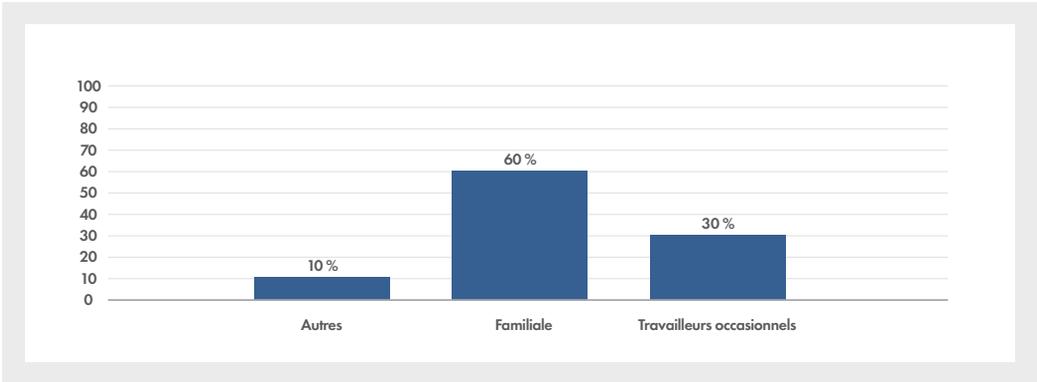


Figure 14 : Type de main d'œuvre utilisée

2.5 Évaluation de la technicité des agriculteurs

Les résultats d'enquêtes effectuées auprès des 60 producteurs présents à Korsimoro et à Mogtédó montrent que la préparation du terrain ou de la rizière est faite à la charrue, à hauteur de 80 %, 20% du travail étant manuel (Figure 15). La mécanisation est par conséquent faible et insuffisante. C'est surtout la charrue bovine qui est utilisée pour les opérations de préparation des sols.

2.5.1 Opérations de préparation et d'entretien des champs

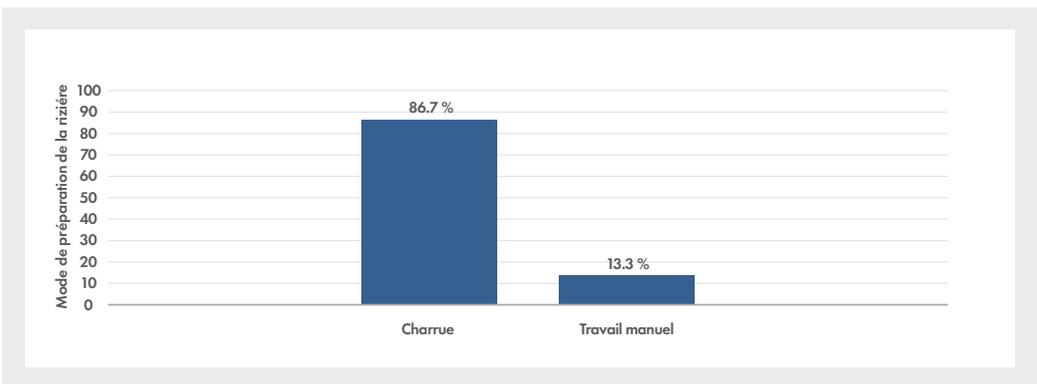


Figure 15 : Mode de préparation de la rizière

Pour entretenir les rizières, il s'agit de procéder à un désherbage chimique avec utilisation d'herbicides ou encore de choisir un procédé mécanique manuel (Figure 16). Le mode de désherbage chimique, s'il n'est pas correctement encadré et maîtrisé par les producteurs, peut à long terme entraîner une pollution de la rizière et impacter négativement l'activité biologique du sol.

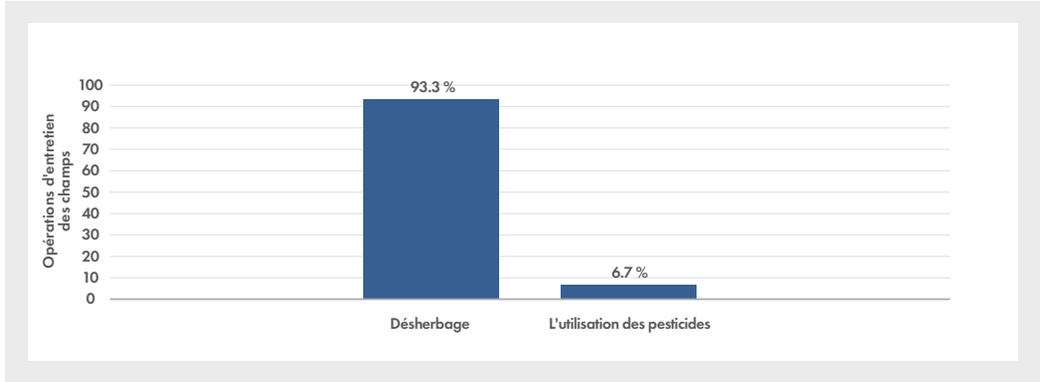


Figure 16 : Type d'opération de préparation ou d'entretien de la rizière

2.5.2 Systèmes de culture adoptés par les agriculteurs

Quant au système ou à la technique de production, les résultats d'enquêtes ont montré essentiellement trois (03) types de technologies adoptées par les producteurs après les différentes formations reçues en matière de bonnes pratiques de production rizicole (Figure 17). 73 % des producteurs ont adopté le Système de riziculture intensif (SRI), 17 % le système combiné de SRI et de la technique de placement profond de l'Urée (PPU), et seulement 10 % la technique de PPU.

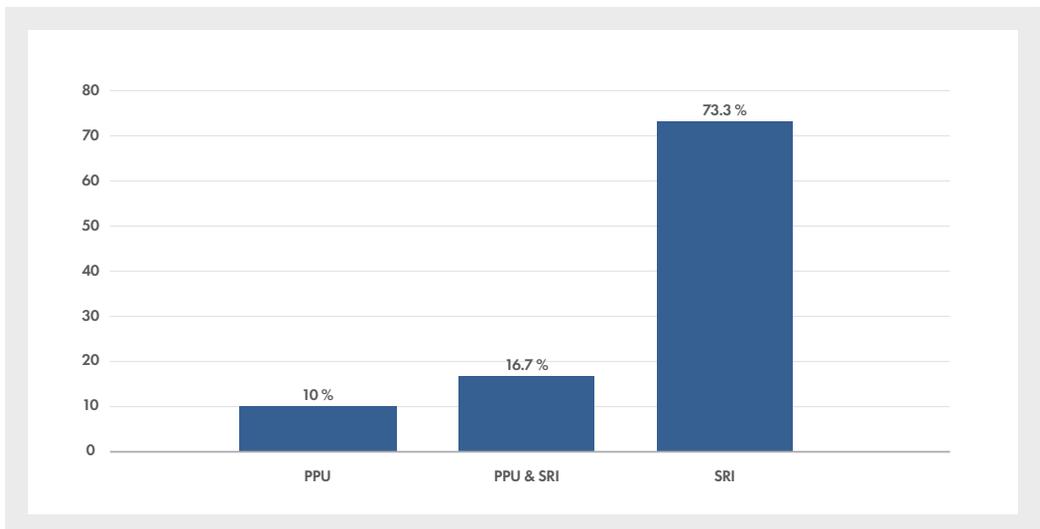


Figure 17 : Systèmes de culture adoptés par les producteurs

2.6 Évaluation des paramètres agronomiques

2.6.1 Évaluation des paramètres agronomiques des producteurs ayant bénéficié des appui-conseils d'une agriculture de précision (Korsimoro) et de ceux pratiquant l'agriculture classique (Mogtédó)

Pour rappel, le site de Mogtédó est considéré dans cette étude comme le site témoin et celui de Korsimoro comme le site ayant reçu les appui-conseils de l'agriculture de précision. Il est également important de souligner le fait que ces deux sites sont localisés sur le même socle pédologique, à savoir des sols ferrugineux lessivés. Les résultats collectés auprès des producteurs ont montré que les hauteurs des plants diffèrent d'un site à l'autre (Figure 18). Le site de Korsimoro a enregistré les hauteurs de plants les plus élevées quelle que soit la période de mesure. Les appui-conseils sur l'agriculture de précision a impacté le développement et la croissance de la culture.

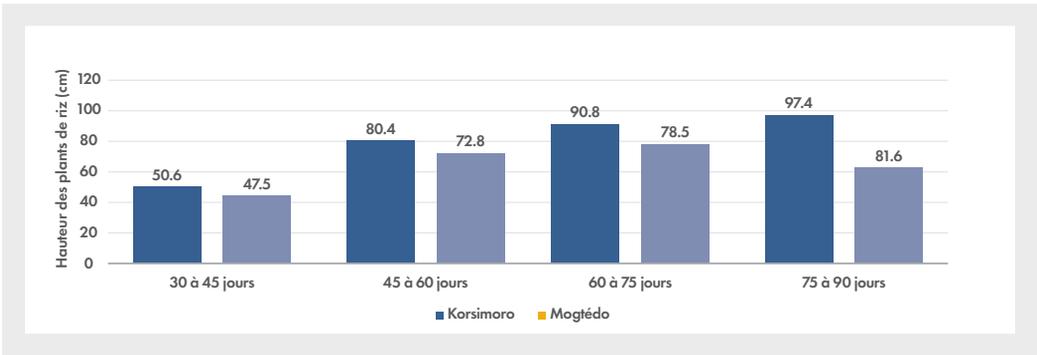


Figure 18 : Effet de l'utilisation de l'agriculture de précision et de l'agriculture conventionnelle sur les hauteurs de plants de riz

De même en ce qui se réfère au tallage (Figure 19), la technologie de l'agriculture de précision, en apportant des appui-conseils en matière de gestion de l'eau, d'entretien des cultures et de fertilisation du riz, a induit un tallage moyen d'environ 27 thalles par plant, comparativement à l'agriculture classique qui a enregistré en moyenne 12 thalles.

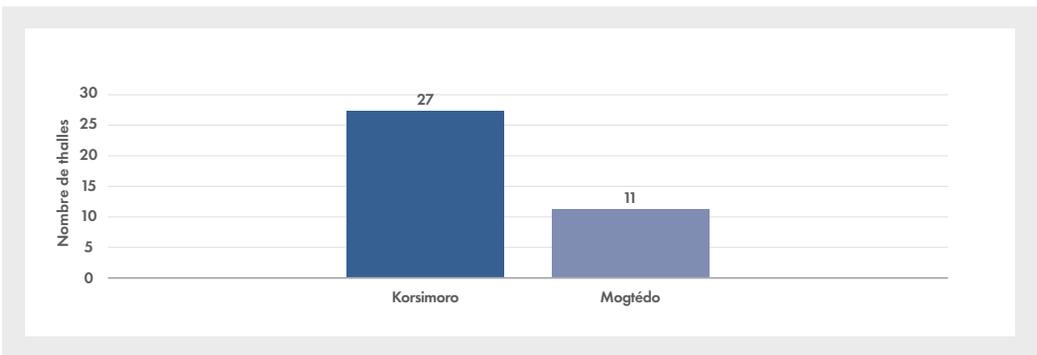


Figure 19 : Effet de l'agriculture de précision et de l'agriculture classique sur le tallage du riz

Enfin, sur le rendement du riz (Figure 20), l'agriculture de précision a permis d'obtenir les rendements les plus élevés par rapport à l'agriculture conventionnelle, quelle que soit la saison culturale.

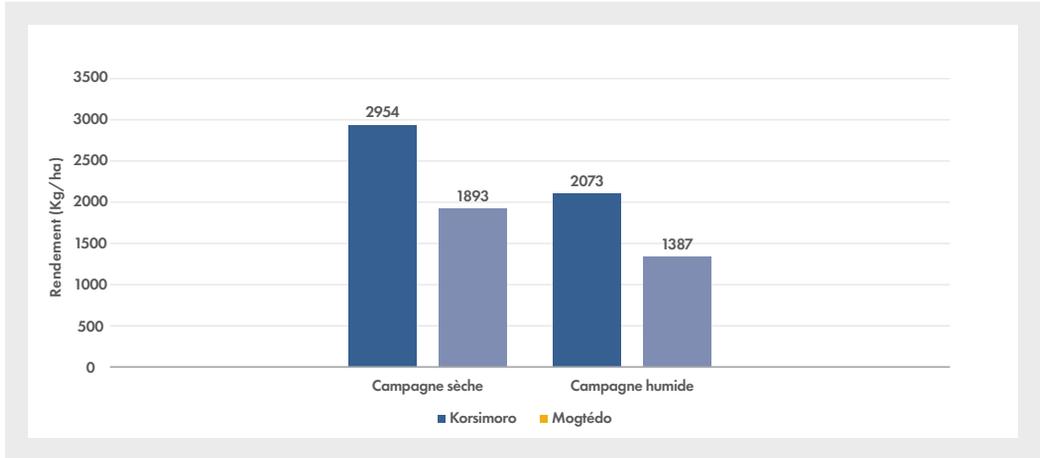


Figure 20 : Rendements issus de l'agriculture de précision et de l'agriculture classique

2.6.2 Évaluation de la hauteur des plants et de la biomasse par le biais de mesures métriques et de l'utilisation du drone

Tableau 2 : Évaluation de la hauteur des plants de riz grâce à l'utilisation du drone et par le biais de mesures métriques

Type de mesure	Hauteur moyenne de plants de riz (cm)
Mesure drone	109 ± 10
Mesure classique	97,38 ± 4,5

Les données relatives aux hauteurs des plants de riz générées par drone se rapprochent des mesures classiques de hauteur par mètre ruban. Cette technologie peut par conséquent être utilisée afin d'estimer et évaluer les paramètres de rendement des cultures. Des manipulations sur le terrain ont permis de constater son application pour la détermination des courbées de niveau et/ou levée topographique en plus de l'appui-conseil quant à la fertilisation et à la gestion de l'eau.

2.6.3 Prédiction du devenir de la production par le biais de la couverture par drone

Les rapports des couvertures par drone ont généré des cartes NDVI, parfaite simulation de l'état nutritionnel des plants de riz. Les couleurs désignent la légende matérialisant l'état nutritionnel de chaque lot de parcelles. Le gradient de couleur traduit l'état nutritionnel correspondant, de très bas (rouge) à très élevé (vert foncé). En rapportant la production de riz de chaque lot de parcelles à son zonage sur la carte NDVI, on constate une corrélation entre les prédictions de l'état nutritionnel et les rendements réels obtenus. Les lots de couleur rouge matérialisant l'état nutritionnel très bas ont enregistré de faibles rendements. Et les lots de couleur verte, identifiant un très bon état nutritionnel, présentent les rendements les plus élevés.

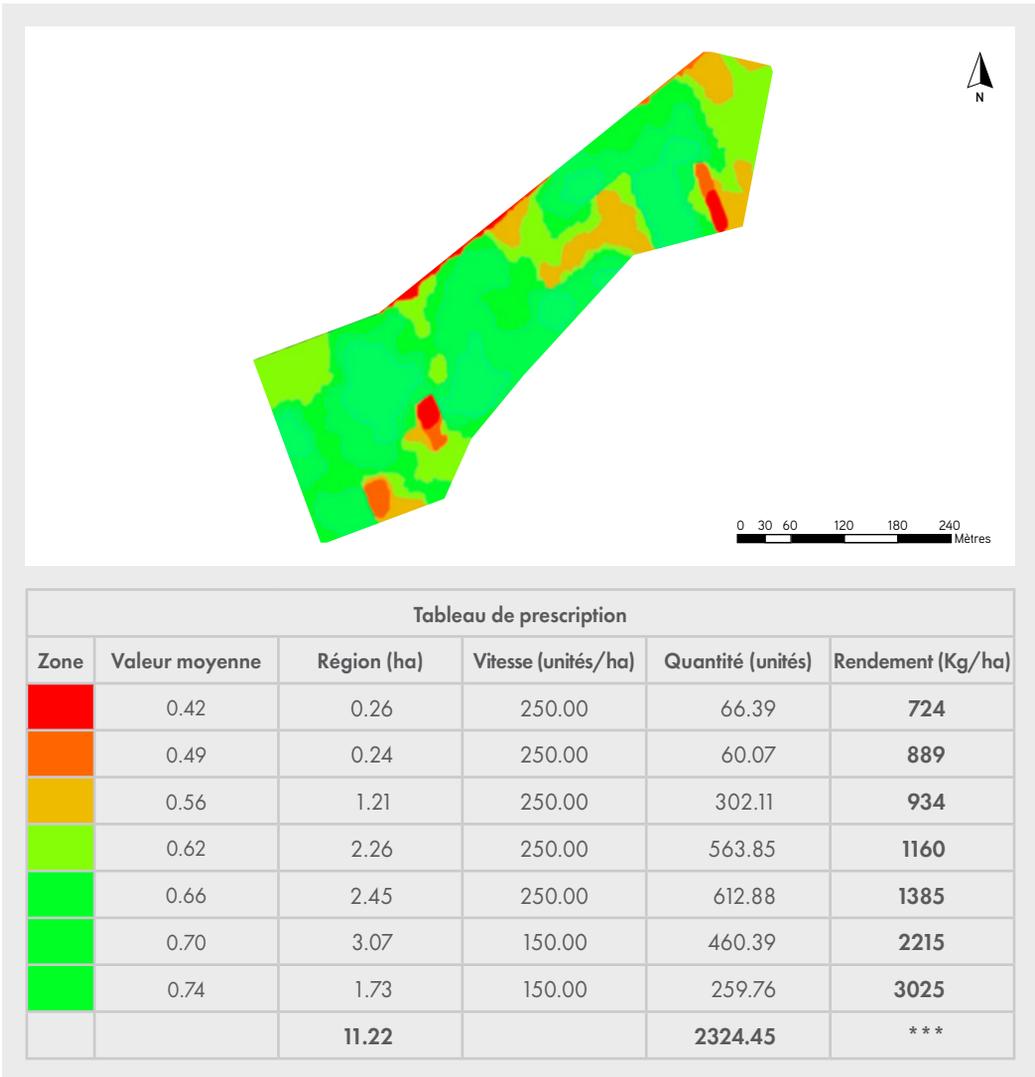


Figure 21 : Imagerie NDVI et production de riz

2.7 Analyse coûts-avantages

2.7.1 Perception paysanne de la technologie des drones

Les différentes interventions visant à soutenir les producteurs dans la gestion de leur exploitation ont permis de déterminer la perception paysanne de cette technologie (Figure 22). 97 % des producteurs interrogés considèrent l'appui-conseil par drone comme une innovation et une opportunité à saisir s'ils visent la pérennité de leur système de production. Le drone est vraiment utile car il permet de réajuster leurs habitudes en termes d'apport d'eau et de fertilisation. Ils estiment aussi que le drone permet d'intervenir avec précision (95 %) pour orienter les opérations culturales. Cela permet de gagner en temps et en efficacité au niveau de leur production. Enfin, les images NDVI générées par les couvertures par drone ont conforté et confirmé les informations et formations reçues en matière de gestion de l'exploitation, notamment en ce qui concerne la gestion de l'eau et la fertilisation.

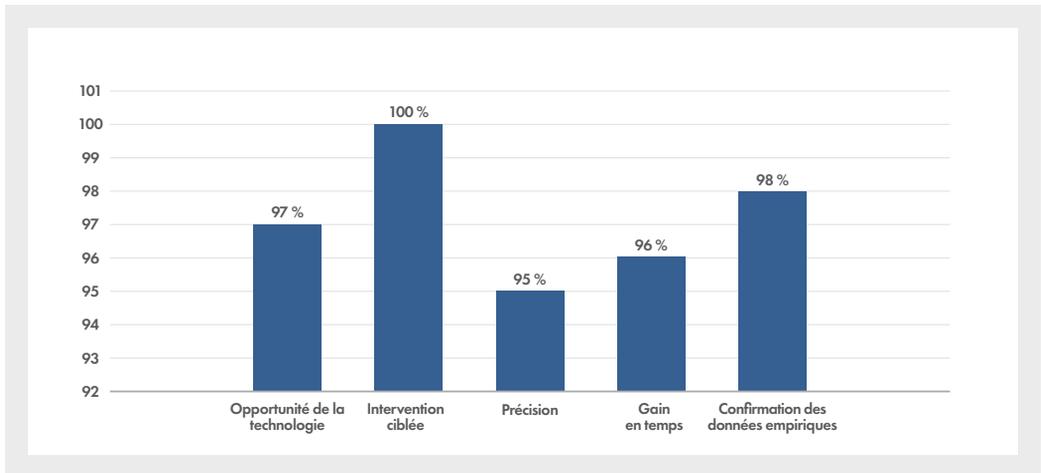


Figure 22 : Perception paysanne de la technologie des drones

2.7.2 Coût à consentir par les agriculteurs pour la couverture et l'appui-conseil par drones

Il est à noter que l'évaluation des coûts à consentir par couverture par drones a fait l'objet d'un focus groupe au cours duquel l'équipe projet a expliqué le principe qui se fonde sur ce que les producteurs pourraient consentir pour bénéficier de l'appui-conseil de la technologie des drones et rester rentables. Ce focus groupe a réuni 30 producteurs du site de Korsimoro. Après une longue discussion trois (03) groupes ont été identifiés (Figure 23) :

- Un premier groupe qui consent à payer entre 0 à 2 500 FCFA par couverture ;
- Un second groupe qui estime que le coût raisonnable d'une couverture par drones peut se situer entre 2500 et 5000 FCFA ;
- Un troisième groupe qui pense que, au regard de la complexité de la technologie, il serait judicieux de consentir à payer entre 5000 et 10 000 FCFA.

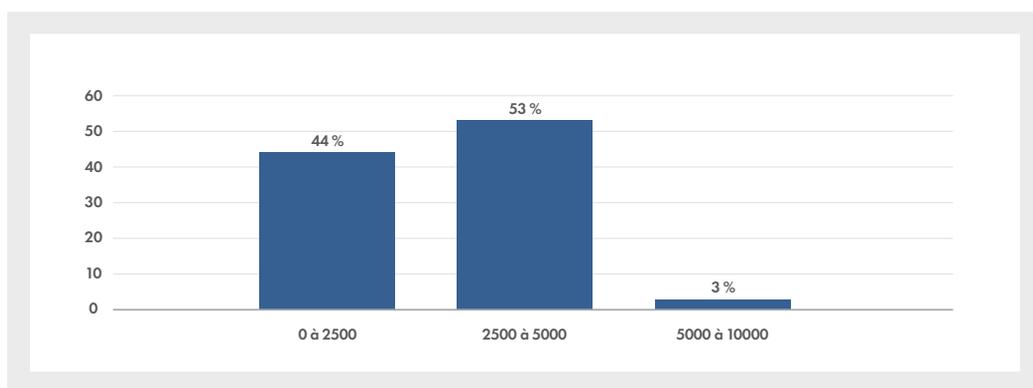


Figure 23 : Coût à consentir par les producteurs pour l'utilisation des drones

2.7.3 Analyse coût sur bénéfice de l'utilisation d'une agriculture de précision comparée à l'agriculture conventionnelle

Dans cette étude, l'analyse de la rentabilité économique a uniquement pris en considération les variables quantifiables. L'analyse du Tableau 3 démontre l'avantage de l'agriculture de précision par rapport à l'agriculture classique. Les résultats ont montré que l'agriculture de précision permet de dégager une marge bénéficiaire de 2 145 550 F CFA.ha⁻¹ contre 84 100 F CFA.ha⁻¹ pour l'agriculture classique. Le retour sur investissement est respectivement d'environ 25,60 % et 57,02 % pour l'agriculture classique et l'agriculture de précision.

Tableau 3 : Rentabilité de l'agriculture classique et de l'agriculture de précision

Variables	Agriculture classique (en FCFA)	Agriculture de précision (en FCFA)	Agriculture classique (en euro)	Agriculture de précision (en euro)	Différence (en euro)	Différence
Rendement (Kg/ha)	2,063	2,954	2,063	2,954	891	43.19 %
Production brute (200 FCFA/Kg)	412,600	590,800	629	901	272	43.19 %
Coûts variables (FCFA/hectare)						
Semences/pépinière	10,000	10,000	15.24	15.24		
Engrais/fumure	37,500	43,750	57.17	66.70		
Protection phytosanitaire	17,500	17,500	26.68	26.68		
Achat sacs	21,000	30,000	32.01	45.73		
Transport	7,500	10,000	11.43	15.24		
Frais de magasin	5,000	5,000	7.62	7.62		
Total coûts variables (FCFA/ha)	98,500	116,250	150.16	177.22	27	18.02 %
<i>Main d'œuvre pour les opérations culturales par hectare</i>						
Préparation du sol	15,000	15,000	22.87	22.87		
Semis/repicage	10,000	10,000	15.24	15.24		
Sarclage 1	5,000	5,000	7.62	7.62		
Sarclage 2	5,000	5,000	7.62	7.62		
Sarclage 3	0	5,000	0.00	7.62		
Epannage d'engrais/fumure	10,000	15,000	15.24	22.87		
Récolte	15,000	15,000	22.87	22.87		
Battage/décortilage	20,000	30,000	30.49	45.73		
Total main d'œuvre	80,000	100,000	121.96	152.45	30	25.00 %
<i>Autres charges variables par hectare</i>						
Rédevance d'eau	50,000	40,000	76.22	60.98		
Couverture drone (5 vols)	0	25,000	0.00	38.11		
Contribution de la main d'œuvre	50,000	45,000	76.22	68.60		
Coût de la location du terrain	30,000	30,000	45.73	45.73		
Entretien du schéma d'irrigation	10,000	10,000	15.24	15.24		
Amortissements équipements et matériels de travail	10,000	10,000	15.24	15.24		
Total autres charges variables	150,000	160,000	228.67	243.92	15	6.67 %
Total charges	328,500	376,250	500.80	573.59	73	14.54 %
Bénéfice net	84,100	214,550	128.21	327.08	199	155.11 %
RVC (ratio valeur sur coût)	1.26	1.57	1.26	1.57		
Retour sur investissement	25.60 %	57.02 %	25.60 %	57.02 %		

3. Discussion

3.1 Caractéristiques socio-économiques des agriculteurs

L'analyse des résultats a montré trois (03) catégories de riziculteurs, à savoir les types R1, R2 et R3. Ainsi, une typologie se dégage, en relation étroite avec le niveau socio-économique de l'agriculteur. Le premier type, R1, est nanti et possède d'importants moyens de production. Selon Pouya *et al.*, (2013), l'établissement d'une typologie d'exploitants rizicoles permet de connaître d'emblée les pratiques agricoles adoptées par chaque type d'exploitant et d'évaluer le potentiel de l'exploitation à gérer la fertilité des sols. Sous un autre angle, l'importance socio-économique des exploitations agricoles revêt une situation de cause à effet (FAO, 2008 ; Mbetid-Bessane *et al.*, 2010). Le nombre d'actifs par exploitation agricole est quasiment le même chez les trois (03) types d'exploitant. La disponibilité d'une force de travail plus conséquente au sein des exploitations mieux nanties expliquerait vraisemblablement leur tendance à accroître leurs superficies. Les agriculteurs utilisent soit la main d'œuvre familiale, soit une main d'œuvre salariée temporaire. Les résultats ont révélé que, sur ces deux (02) sites, l'activité principale de ces exploitants est l'agriculture, la culture du riz se trouvant en première ligne. D'autres cultures telles que le sorgho, le mil, le maïs y sont pratiquées. En réalité, la plupart sont des agro-éleveurs qui possèdent un petit troupeau. De manière systématique, toutes les exploitations possèdent des animaux, aussi bien pour les opérations culturales, pour l'élevage que pour le fumier (Pouya *et al.*, 2013). Cela s'inscrit dans un processus d'intégration agriculture-élevage au Burkina-Faso. Pour Vall *et al.* (2006), l'intégration agriculture-élevage correspond à une forme d'intensification basée sur une gestion raisonnée des flux de matière organique et d'énergie disponibles dans les terroirs et les exploitations. L'une des caractéristiques clés de ces exploitations rizicoles est le revenu agricole. Il détermine la capacité de celles-ci à la modernisation à travers l'acquisition des facteurs de production (équipements et intrants agricoles). Le revenu de l'exploitation provient non seulement des récoltes mais aussi des prestations de services extra-exploitation (Mbetid-Bessane *et al.*, 2010). Pour Faure *et al.* (2010), le revenu monétaire agricole s'accroît fortement avec le niveau de mécanisation, justifiant l'engouement pour la traction animale ou la motorisation et les intrants agricoles. En effet, les résultats ont révélé que les exploitants les plus nantis ont un nombre de cheptels et de facteurs de production relativement élevé. Néanmoins, ces agriculteurs rencontrent quelques difficultés liées aux facteurs de production : intrants, eau, équipements et financement agricole. La mécanisation est faible et insuffisante. On utilise surtout la charrue bovine pour la préparation des sols. En riziculture, on n'utilise que les engrais chimiques, avec un risque élevé de sous dosages particulièrement dus au coût des intrants (en moyenne 40 065 Kg/ha) ou au surdosage lié à la technicité de l'agriculteur. Le NPK, l'urée et, dans une moindre mesure, le DAP sont les types d'engrais utilisés par les producteurs en fonction du cycle de production. L'approvisionnement se fait au niveau des marchés et des coopératives, soit par achat individuel, soit par achat groupé. Selon les agriculteurs interviewés, les attaques de prédateurs et d'insectes, le mauvais drainage, le non-respect du calendrier agricole et le déficit pluviométrique pour le riz non irrigué sont les principales sources de variabilité en matière de production de riz. La question de l'eau au niveau des rizières se pose avec acuité, eu égard à la non-maîtrise des besoins du riz en eau et aux mauvaises pratiques agricoles. De plus, les problèmes majeurs rencontrés au cours de la récolte et pendant la période post-récolte incluent le manque de main d'œuvre, la non-maîtrise des techniques de récolte, le problème de stockage, le climat (humidité), les moisissures et la perte de qualité du paddy. Pour y remédier, il incombe d'apporter



une technologie adaptée, d'équiper les organisations paysannes en moissonneuses batteuses et décortiqueuses ou, dans une moindre mesure, de laisser sécher les épis avant le battage. Les producteurs de riz s'organisent en coopérative au niveau des villages et en union des coopératives au niveau des communes. Enfin, l'une des principales contraintes rencontrées par les producteurs est le problème d'accès au crédit. En effet, le manque de garantie et les taux élevés rendent l'accès au crédit difficile pour les paysans.

3.2 Prédiction du devenir de la production par le biais de la couverture par drone : Évaluation des paramètres agronomiques des producteurs ayant bénéficié d'appui-conseils d'une agriculture de précision et de ceux pratiquant l'agriculture classique

Les résultats collectés auprès des producteurs ont montré que les hauteurs de plants diffèrent d'un site à l'autre. De même, le site de Korsimoro ayant bénéficié d'appui-conseils par le biais de l'utilisation des drones a le nombre de thalles et les rendements de riz paddy les plus élevés. Il est à noter que les producteurs des deux (02) sites sélectionnés pour cette recherche ont tous reçu la même formation en matière de bonnes pratiques rizicoles (gestion de la fertilité des sols, gestion de l'eau, fertilisation, entretien des cultures, gestion post-récolte...). Les différences observées s'expliqueraient par le bénéfice de l'appui-conseil des producteurs, grâce aux données générées par les drones, capables de détecter à temps les phases critiques où les anomalies de croissance ou de carence au niveau des facteurs de production susceptibles de compromettre le devenir de la production de riz sur le site concerné. Les producteurs de riz n'ayant pas bénéficié de ces systèmes d'alertes ont subi les préjudices des anomalies et signes carenciels qui ont certainement impacté le développement du riz, voire le rendement en riz paddy. En effet, les images de grande qualité des drones peuvent aider les agriculteurs à repérer de manière précoce les mauvaises récoltes et leur donner assez de temps pour réagir (Hogan *et al.*, 2017). L'imagerie NDVI, obtenue par des capteurs proches infrarouges, montre différentes teintes de rouge, lesquelles peuvent être interprétées et représentées sur l'image de gauche : le « vert » représente les cultures saines, le « jaune », celles exposées à un degré de stress faible ou moyen, et le « rouge », celles soumises à un haut niveau de stress (l'OACI, 2015).

3.3 Adoption de la technologie des drones

Les résultats obtenus de cette recherche ont montré les avantages de cette technologie, en termes de précision, de réalisme et d'importance comme système d'alerte précoce pour le suivi de la campagne agricole. De nombreuses autres utilisations des drones se concrétiseront dans un avenir proche (Chunhua et Kovacs, 2012 ; Séfi, 2015). Les drones pourraient bien avoir le pouvoir d'aider les agriculteurs du monde entier à surveiller leurs cultures, planifier leur exploitation, lutter contre les nuisibles et bien plus encore. Pour libérer tout le potentiel, il faut que les agriculteurs consentent à collaborer et payer pour les services rendus par les drones. Ainsi, une recherche participative s'impose, impliquant les potentiels utilisateurs des drones, les opérateurs drone et la recherche. Ce qui représente un obstacle à l'adoption de cette technologie par l'agriculteur en termes de coût. Dans la présente étude,

les producteurs consentent à payer individuellement et par couverture environ 5 000 FCFA. Un autre obstacle à l'adoption des drones par le monde en développement est le manque de sensibilisation et d'éducation du public à cette nouvelle technologie. Bien que le drone soit relativement facile d'utilisation, il importe au préalable de former les exploitants agricoles et de leur apporter un soutien technique dans leur langue. De fait, les défis techniques représentent un autre obstacle de taille à l'adoption généralisée de cette technologie dans les pays moins développés. Les opérateurs de drones doivent pouvoir avoir la capacité d'obtenir ou de fabriquer des pièces de rechange. Le traitement des données générées par les drones représente un autre défi important : produire des cartes, modèles 3D et autres produits utiles demande une puissance de calcul considérable ou une connexion Internet ou mobile assez rapide pour accéder à des services informatiques du Cloud. Les opérateurs de drones, agriculteurs et travailleurs humanitaires vont devoir développer des méthodes en vue de favoriser l'utilisation des drones dans les régions les plus reculées. Parallèlement, les agences de développement devront poursuivre les expériences réalisées avec la technologie des drones et, ainsi, favoriser l'éclosion d'un monde nouveau dans lequel tous les exploitants agricoles pourront avoir accès à l'imagerie aérienne.

3.4 Analyse coût sur bénéfice de l'utilisation d'une agriculture de précision comparée à l'agriculture conventionnelle

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation de la performance de l'agriculture de précision comparée à l'agriculture classique est basée sur le calcul du retour sur investissement. On entend ici le rapport entre le bénéfice net sur la valeur des charges total. Les résultats ont montré que le bénéfice net ($F.ha^{-1}$) généré par l'agriculture de précision est supérieur à celui de l'agriculture classique, avec une marge d'au moins 130 450 FCFA.ha⁻¹. La différence de retour sur investissement est positive et de 31,42 % entre l'agriculture de précision et l'agriculture classique. Cette différence, telle qu'expliquée plus haut, est la résultante du kit technologique reçu par les agriculteurs. Ce kit se compose essentiellement de données *ceteris paribus* générées par les drones, les deux types d'agriculteurs ayant reçu le même niveau de formation de base au début du projet. Les appui-conseils et les différentes alertes issus des informations générées par le drone ont impacté la production de riz paddy. L'agriculture de précision a entraîné les effets escomptés et assuré le suivi adéquat des cultures.



4. Conclusion

Cette étude est une première dans la sphère burkinabé. L'utilisation des drones au service de l'agriculture de précision peut être perçue comme une approche intensive guidée par des technologies sophistiquées. Certains aspects de l'agriculture de précision sont néanmoins déjà mis en pratique en Afrique, comme par exemple l'utilisation de cartes de fertilité des sols, basées sur la localisation et l'utilisation de technologies d'échantillonnage localisé. La technologie des UAS pourrait aider les agriculteurs à optimiser leurs ressources et fournir des données complètes, rapides et détaillées. La mise en œuvre de l'agriculture de précision à l'aide de drones dans le contexte d'exploitations agricoles de taille moyenne à grande, ainsi que dans le cadre de coopératives, devrait permettre d'accroître la productivité agricole et de garantir un retour sur investissement pour l'agriculteur, tout en améliorant la durabilité environnementale. Malgré les difficultés techniques rencontrées sur le terrain, liées à la technologie des drones, des données ont pu être produites. Les données générées par les drones ont le potentiel de fournir aux agriculteurs des informations innovantes, spécifiques et en temps réel sur l'état de leur récolte, améliorant la durabilité et la capacité d'adaptation de leur système de production agricole. Grâce aux systèmes d'imagerie et cartes NDVI générées par des drones, les agriculteurs sont en mesure de surveiller leurs cultures, détecter les caractéristiques du sol et identifier les menaces telles que les mauvaises herbes, les ravageurs et les champignons pour réagir rapidement. Cette étude a généré des preuves scientifiques sur les applications et l'impact réel des drones sur la productivité des agriculteurs. Selon les perceptions des agriculteurs, cette innovation est salubre et probante. Enfin, ils souhaitent être appuyés pour relever les défis de la production agricole et surtout faire face aux effets pervers des changements climatiques.

Références bibliographiques

Chunhua Z. & Kovacs J.M. 2012. The application of small unmanned systems for precision agriculture: a review. *Precisior*.

FAO. 2008. Guide de formulation d'une stratégie de mécanisation agricole. Étude de cas : stratégie nationale de la mécanisation agricole au Mali, 65 p.

Faure G., Gasselin P., Triomphe B., Temple L. & Hocdé H. 2010. Innover avec les acteurs du monde rural. La recherche-action en partenariat. Versailles : Éditions Quae, Collection Agricultures tropicales en poche, 224 p.

Hogan S., Kelly M., Stark B. & Chen Y. 2017. Unmanned aerial systems for agriculture and natural resources. *California Agriculture*, pp. 5-14.

Jeanneret C. 2016. Making sense of drone regulations. *ICT Update*, avril, pp. 22-23.

Mbonyinshuti J.D. 2016. Drone to monitor crops in Northern Province. Consulté le 25 mars 2017 : <https://goo.gl/5d0fka>.

Mbetid-Bessane E., Djondang K., Havard M. & Kadekoy T.D. 2010. Impacts des changements de politique dans un contexte de crise mondialisée sur les acteurs des filières cotonnières d'Afrique centrale. *Cahiers d'Agriculture*, vol. 19, n° 1, janvier-février 2010, pp. 21-27.

Pouya M.B., Bonzi M., Gnankambary Z., Koulibaly B., Ouédraogo I., Ouédraogo S.J. & Sedogo P.M. 2013a. Perception paysanne et impact agro-pédologique du niveau de mécanisation agricole dans les zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(2) : 489-506, 2013.

Rambaldi G. & Guerin D. 2017. Regulations and Good Practice in the use of UAVs. *E-Agriculture in Action*.

Robert P. 2002. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. *Plant and Soil*, 247, pp. 143-149.

Séfi A. 2015. Les drones civils en Tunisie. Séminaire international « Drones et moyens légers aéroportés pour les approches géospatiales en recherche : État des lieux et perspectives » 3-4-5 novembre 2015, Tunis, Tunisie.

Vall E., Dugué P. & Blanchard M. 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton, 1990-2005. *Cahiers Agriculture*, vol. 15 (1) : 72-79.

Zarco-Tejada. (2014). Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers-Potential Support with the CAP 2014-2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission.

Sites web

Site web du groupement JARUS (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*) <http://jarus-rpas.org/>

Étude des aspects légaux des aéronefs téléguidés réalisée par l'OACI (2015) <http://goo.gl/NTZrYj>

Page web de la *Civil Aviation Authority* sud-africaine sur les VASP <http://goo.gl/jeR7Zj>





**Centre technique de coopération agricole
et rurale ACP-UE (CTA)**

BP 380
6700 AJ Wageningen
Pays-Bas
www.cta.int

